

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-281803

(43)Date of publication of application : 15.10.1999

(51)Int.Cl. G02B 5/00  
G02B 5/02  
G02B 6/00  
G02B 6/26

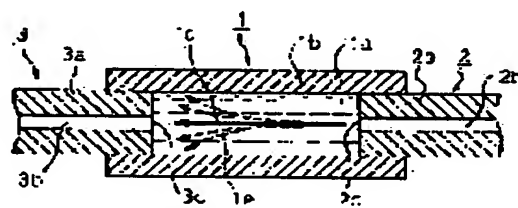
(21)Application number : 10-079345 (71)Applicant : SUMITOMO OSAKA  
CEMENT CO LTD  
NEC CORP  
(22)Date of filing : 26.03.1998 (72)Inventor : ICHIKAWA JUNICHIRO  
HIKUMA KAORU  
NAGATA HIROTOSHI  
OGATA TAKAAKI  
TANEDA YASUHISA

## (54) METHOD FOR LIMITING OPTICAL INTENSITY AND LIMITER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To easily attenuate an abnormally high intensity light with precision without relying on wave length and polarized wave by arranging a liquid consisting of polar molecules between an optical output means and optical input means, making a light incident on the polar molecule liquid from the optical output means so as to scatter a part of it and receiving a part of the transmitted light by means of the optical input means.

**SOLUTION:** The light enters from the optical fiber core 2b of an optical fiber 2 at an optical output side and the light is made incident on the polar molecule liquid 1a from an optical output surface 2c. Then, in the polar molecules distributed in its optical path 1c, light intensity is attenuated, a refractive index is changed, a part of the incident light is scattered and adopted as a scatter light 1e and an optical intensity density is attenuated. The light transmitted through the liquid 1a along the optical path 1c is inputted to the optical fiber core 3b from the optical input surface 3c of the optical fiber 3 at an optical input side and inputted to desired optical parts or an element. The intensity of the inputted light onto the optical input surface 3c is lower than that of the light outputted from the optical output surface 2c.



BEST AVAILABLE COPY

27

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-281803

(43) 公開日 平成11年(1999)10月15日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 5/00  
5/02  
6/00 3 1 1  
6/26

F I  
G 0 2 B 5/00 A  
5/02 B  
6/00 3 1 1  
6/26

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-79345

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月26日

(71) 出願人 000183266  
住友大阪セメント株式会社  
東京都千代田区神田美土代町1番地  
(71) 出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号  
(72) 発明者 市川 潤一郎  
千葉県船橋市豊富町585 住友大阪セメント株式会社新規技術研究所内  
(72) 発明者 日隈 薫  
千葉県船橋市豊富町585 住友大阪セメント株式会社新規技術研究所内  
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

最終頁に続く

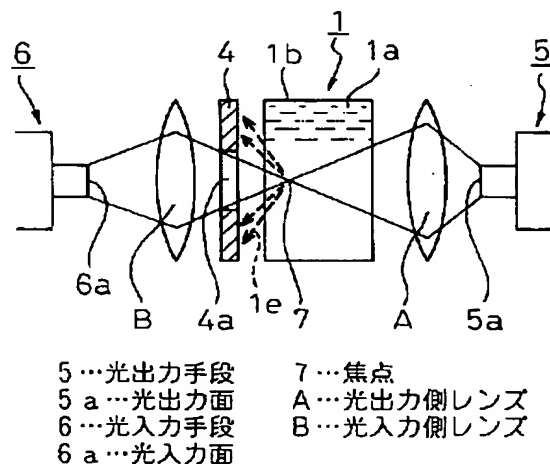
(54) 【発明の名称】 光強度の制限方法及び制限器

(57) 【要約】

【課題】 光システム中において、異常高強度光による光損傷を防止するため、それを容易に、かつ精度よく、波長・偏波に依存することなく減衰させる方法及び制限器の提供。

【解決手段】 互に対向している光出力手段と光入力手段との間に、有極性分子液体（例えばトルエン）を配置し、これに出力光を入射してその一部を熱レンズ効果により散乱させ、前記液体を透過した光の少なくとも一部を光入力手段に受光する。

図 3



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 互に対向して配置された光出力手段と光入力手段との間に、有極性分子からなる液体を收容してなる光散乱手段を配置し、前記光出力手段から前記有極性分子液体に、光を入射してその少なくとも一部を散乱せしめ、前記有極性分子液体を透過した光の少なくとも一部分を、前記光入力手段により受光することを特徴とする光強度制限方法。

【請求項 2】 前記有極性分子液体が、水、液体アルキルベンゼン、液体脂肪族ケトン及び液体脂肪族アルコール化合物から選ばれる、請求項 1 に記載の光強度制限方法。

【請求項 3】 前記光出力手段と、前記有極性分子液体との間にレンズ（A）を配置し、前記有極性分子液体内で焦点を形成させて、レンズ（A）を通る光の少なくとも一部分を、前記光入力手段に集光する、請求項 1 に記載の光強度制限方法。

【請求項 4】 前記有極性液体と、前記光入力手段との間にレンズ（B）を配置し、このレンズ（B）を通る光の少なくとも一部分を、前記光入力手段に集光する、請求項 1 又は 3 に記載の光強度制限方法。

【請求項 5】 前記光散乱手段と前記光入力手段との間において、これらの間の光路の断面積を調節する、請求項 1 に記載の光強度制限方法。

【請求項 6】 光出力面を有する光出力手段とこの光出力手段に対向して配置され、かつこの光出力手段から出力された光を受光する光入力面を有する光入力手段との間に、配置されるものであって、有極性分子からなる液体を收容してなる前記光散乱手段を有することを特徴とする光強度制限器。

【請求項 7】 前記有極性分子液体が、水、液体アルキルベンゼン、液体脂肪族ケトン及び液体脂肪族アルコールから選ばれる、請求項 6 に記載の光強度制限器。

【請求項 8】 前記光散乱手段の有極性分子液体が容器内に收容されており、この容器の、前記光出力面及び光入力面にそれぞれに対向している 1 対の面の、少なくとも、前記光出力面と前記光入力面との間の光路と交差する部分が透光性を有している、請求項 6 に記載の光強度制限器。

【請求項 9】 前記光出力面と、それに対向している前記光散乱手段容器の透光性面との間にレンズ（A）を配置し、前記有極性分子液体内で焦点を結び、それを通る光の少なくとも一部分を光入力面に供給するものである、請求項 8 に記載の光強度制限器。

【請求項 10】 前記光入力面と、それに対向している前記光散乱手段容器の透光性面との間に、レンズ（B）を配置し、このレンズ（B）が、それを通る光の少なくとも一部分を前記光入力面に集光するものである、請求項 9 に記載の光強度制限器。

【請求項 11】 前記光出力面及び前記光入力面の少な

くとも一方の少なくとも一部分が、前記光散乱手段の有極性分子液体に露出している、請求項 6 に記載の光強度制限器。

【請求項 12】 前記光散乱手段と前記光入力面との間の少なくとも 1 ヶ所に、これらの間の光路の断面積を調節する絞り手段が配置されている、請求項 6 に記載の光強度制限器。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、光強度の制限方法及び制限器に関するものである。更に詳しく述べるならば、本発明は光学系において、望ましくない高強度の光が入力することによって、その受光側部品又は素子が高強度光によって光損傷を受けることを防止するために有用な光強度の制限方法及び制限器に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】光通信システム、又は電気光学的機器において、過大な強度の光が入力され、それによって、光学部品又は素子が光損傷を受けることがある。このような過大光強度による損傷を防止乃至予防するために、過大な強度の光が入力した場合、入力光一部分をカットして、適正な強度の光のみを、所望光学部品又は素子に入力する必要がある。

**【0003】**

伝播光を単に減衰させる手段としては、光導波路表面に金属クラディングを施す方法、又は、方解石／ガラス導波路を用いる方法などが知られていたが、これらの従来技術には、光減衰量を所望値に高精度をもって調節することが困難であり、過大強度の光だけではなく、信号光をも減衰させてしまうという問題点があった。また、特開平 9-146056 に開示されている様な化合物半導体光導波路端面の高強度光入射による焼損現象を利用した光ヒューズ型では、焼損という不可逆な現象を応用する為、繰り返しの使用ができないという問題がある。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】本発明は、光通信システム、例えば波長多重方式（WDM）光通信システム、及び電気光学機器において、高強度光の入力によって、その部品又は素子が光損傷を受けることを防止することができ、かつ波長依存性がなく、また偏波依存性がない光強度制限方法及び制限器を提供しようとするものである。

**【0005】**

【課題を解決するための手段】本発明の光強度制限方法は、互に対向して配置された光出力手段と光入力手段との間に、有極性分子からなる液体を配置し、前記光出力手段から前記有極性分子液体に、光を入射してその一部を散乱せしめ、前記有極性分子液体を透過した光の少なくとも一部を、前記光入力手段により受光することを特

徴とするものである。上記本発明の光強度制限方法において、前記有極性分子液体が、水、アルキル化合物、脂肪族ケトン化合物及び脂肪族アルコール化合物から選ばれることが好ましい。上記本発明の光強度制限方法において、前記光出力手段と、前記有極性分子液体との間にレンズ（A）を配置し、このレンズ（A）と前記光入力手段との間に焦点を形成させて、レンズ（A）を通る光の少なくとも一部分を、前記光入力手段に供給してもよい。上記本発明の光強度制限方法において、レンズ

（A）に加え前記有極性液体と、前記光入力手段との間にレンズ（B）を配置し、このレンズ（B）を通る光の少なくとも一部分を、前記光入力手段に集光してもよい。上記本発明の光強度制限方法において、前記光散乱手段と前記光入力手段との間の少なくとも1ヶ所において、これらの間の光路の断面積を調節してもよい。

【0006】本発明の光強度制限器は、光出力面を有する光出力手段とこの光出力手段に対向して配置され、かつこの光出力手段から出力された光を受光する光入力面を有する光入力手段との間に、配置されるものであって、有極性分子からなる液体を収容してなる光散乱手段とを有することを特徴とするものである。上記本発明の光強度制限器において、前記有極性分子液体が、水、液体アルキルベンゼン、液体脂肪族ケトン及び液体脂肪族アルコールから選ばれることが好ましい。上記本発明の光強度制限器において、前記光散乱手段の有極性分子液体が容器内に収容されており、この容器の、前記光出力面及び光入力面のそれぞれに対向している1対の面の、少なくとも、前記光出力面と前記光入力面との間の光路と交差する部分が透光性を有しているものであってもよい。上記本発明の光強度制限器において、前記光出力面と、それに対向している前記光散乱手段容器の透光性面との間にレンズ（A）を配置し、このレンズ（A）がそれと前記光入力面との間に焦点を結び、それを通る光の少なくとも一部分を光入力面に供給するものであってもよい。上記本発明の光強度制限器において、前記光入力面とそれに対向している前記光散乱手段容器の透光性面との間に、レンズ（B）を配置し、このレンズ（B）が、それを通る光の少なくとも一部分を前記光入力面に集光するものであってもよい。上記本発明の光強度制限器において、前記光出力面及び前記光入力面の少なくとも一方の少なくとも一部分が、前記光散乱手段の有極性分子液体に露出しているもよい。上記本発明の光強度制限器において、前記光散乱手段と前記光入力面との間の少なくとも1ヶ所に、これらの間の光路の断面積を調節する絞り手段が配置されていてもよい。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の光強度制限器は、光出力面を有する光出力手段と、この光出力手段に対向して配置され、かつこの光出力手段から出力される光を受光する光入力面を有する光入力手段との間に配置されるもの

であって、有極性分子からなる液体を収容している光散乱手段を有するものである。

【0008】上記光強度制限器を用いる本発明の光強度制限方法は、互に対向して配置された光出力手段と光入力手段との間に、有極性分子からなる液体を配置し、前記光出力手段の光出力面から前記有極性分子液体中に光を入射して、その一部を散乱せしめ、前記有極性分子液体を透過した光の少なくとも一部分を、前記光入力手段の光入力面により受光するものである。

【0009】本発明の光強度制限方法及び制限器に用いられる有極性分子液体において、有極性分子は、自然の状態では電気双極子を有し、振動により分子の双極子能率の変化を生ずるものである。有極性分子に光が照射されると、光のエネルギーにより分子振動が励起されて、入射光の強度を減衰させるのみならず、特に高強度の光が入射した場合有極性分子の励起により局所的に熱が発生し、それによって発熱した有極性分子の光の屈折率が局所的に変化し、いわゆる熱レンズ効果を発現して光路の屈折率分布に歪みを生じ、入射光が散乱する。この散乱光を、受光側においてカットすれば、出力光の一部を除去し、光強度を減衰させた光を入力（受光）することができる。特に熱レンズ効果は高強度光成分に対して極めて著しく発現されるので、結果的に強度の弱い信号光成分の減衰は、小さく保ちながら、高強度光成分を散乱させ、除去することができる。

【0010】上記のように出力光の一部を散乱させて、出力光強度を減衰させるために有極性分子からなる液体を用いることにより、下記の利点を生ずる。

（1）有極性分子からなる液体は、常温において、有極性分子が実質上ランダムに運動しており、従って出力光が入射したとき、これに対して有極性分子の運動は、等方的関係を示すものと思われる。従って、入射光のエネルギーにより励起された分子の振動方向は、各分子においては、その分子構造に基づく固有の方向をとるとして、液体全体としてはランダムであり、等方性を示すから、有極性分子の入射光による励起は、入射光の偏光状態には実質上依存しない。

（2）また、液体中の分子は、固体にくらべて、平均自由行程が長く、粘度が低いから、一般的に熱伝導率が低く、このため、有極性分子液体の、入射光による局所的発熱効果が大きく、このため熱レンズ効果を、固体の場合よりも一層効果的に利用することができる。

（3）有極性分子気体を、光散乱媒体として使用することは、原理的には可能であるが、入射光と相互作用する分子の分布密度が著しく小さいため、その光散乱効果は、実用的レンズに達することが困難である。これに対して、本発明による有極性分子液体は、実用上十分に高い光強度制限効果を示すことができる。

【0011】本発明に用いられる有極性分子液体において、光と相互作用する分子の振動成分には、電子配向

(電子分類) 及びイオン配向 (イオン分類) があるが、これらは本発明において、光励起可能な分子結合成分として利用される。

【0012】本発明に用いられる有極性分子液体としては、例えば、水、液体アルキルベンゼン (例えば、直鎖状  $C_1 \sim C_6$  アルキルにより置換されたベンゼン化合物、例えばトルエン、エチルベンゼンなど)、液体脂肪族ケトン (例えば  $C_3 \sim C_6$  脂肪族ケトン、例えばアセトン、メチルエチルケトンなど) 及び液体脂肪族アルコール (例えば  $C_1 \sim C_6$  アルコール、例えばメチルアルコール、エチルアルコールなど)、などを用いることができる。本発明において用いられる有極性分子液体において、特定のエネルギーを有する分子振動を利用するわけではないから、その光吸収特性に格別の制限はなく、従って、その作用効果の波長依存性は実質上なし、或は低い。

【0013】本発明の光強度制限方法及び制限器を、添付図面を参照してさらに説明する。図1に示された光強度制限器の一例において、光散乱手段1は、有極性分子液体1aとそれを収容している容器1b (例えばパイプ) とからなり、容器1bの互に対向する2側面の1つには、光出力側光ファイバ2が密着挿入されて、この側面を封止している。光出力側光ファイバ2は、光を伝播する光ファイバコア2bと、それを被覆している被覆層 (クラッド層) 2aとからなり、光ファイバ2bの先端面は、光出力面2cとして有極性分子液体1aに露出している。また、容器1bの他の側面には、光入力側光ファイバ3が密着挿入されていて、この側面を封止している。この光入力側光ファイバ3は、光を伝播する光ファイバコア3bと、それを被覆する被覆層 (クラッド層) 3aとからなり、光ファイバ3bの先端面は光入力面3cとして、有極性分子液体1aに露出している。光出力側光ファイバコア2bと光入力側光ファイバコア3bの光軸は、実質上一致している。

【0014】光出力側光ファイバ2の光ファイバコア2bから光を入力し、光出力面2cから光を有極性分子液体1a中に入射すると、その光路1c内に分布している有極性分子は、それに投射された光エネルギーを吸収して、その光強度を減衰させるとともに、光エネルギーにより励起されて発熱し、屈折率を変化させて入射光の一部を散乱させて散乱光1eとし、それによって光強度密度を減衰させる。有極性分子液体を、光路1cに沿って透過した光は、光入力側光ファイバ3の光入力面3cから光ファイバコア3b中に入力し、これを伝播して、所望光部品又は素子に入力される。この光入力面に入力した光の強度は、光出力面から出力された光の強度より低くなっている。この光強度の低下量は、有極性分子液体1aの種類及び温度、光路1cの長さなどにより適切な量に調節することができる。

【0015】図2に示された本発明の光強度制限器の他

の例において光散乱手段1は、透明な容器 (例えば石英製容器) 1dと、その中に収容された有極性分子液体1aとからなり、その両側面に対向して、光出力側光ファイバ2と、光入力側光ファイバ3が配置されており、光出力側光ファイバコア2bと光入力側光ファイバコア3bの光軸は、実質上一致している。光入力側光ファイバ3の光入力面3cと、それに対向する容器1dの側面との間に光絞り手段 (例えば光絞り板) 4が配置されていて、この光絞り手段の光路1cと交差する部分には透孔が形成されている。この透孔の開口面積は、所望に応じて適宜に調節できる。また、光絞り手段4を配置する代わりに、光散乱手段1の、光出力面2c及び光入力面3cに対向する側面に、光透明部分を設け、他の部分を光不透明にして、有極性分子液体中に入射される光量を調節し、またそれにより散乱された光1eを吸収あるいは遮断し、有極性分子液体を透過して、光入力面3cに入力する光量を調節してもよい。

【0016】図2の光強度制限器において、光出力側光ファイバ2の光出力面から出力された光は、光路1cに沿って、容器1dの側面を透過し、有極性分子液体1a中に入射されて、散乱光1eの発生によりその光強度密度を減衰させる。有極性分子液体1aを透過した光は、容器1dの側面を透過し、その一部のみが、光絞り手段4の透孔4aを透過して、光入力側光ファイバ3の光入力面3cを経て光入力側光ファイバコア3b中に入力され、これを伝播して所望の光部品又は素子に送られる。

【0017】図3に示された本発明の光強度制限器のさらに他の一例において、光出力手段5の光出力面5aと、それに対向する光散乱手段1の側面との間にレンズAが配置され、出入力手段6の光入力面6aと、それに対向する光散乱手段1の側面との間にレンズBが配置され、このレンズBと光散乱手段1の前記側面との間に、光絞り手段4が配置される。図3に示された例においては、レンズAの焦点は、レンズAと、光絞り手段4との間にあり、またレンズBは、それを通った光が、光入力面6aに集光するように構成されている。

【0018】図3の光強度制限器において、光出力手段5の光出力面5aから出力された光は、レンズ(A) を通って、光散乱手段1の有極性分子液体1a中に入射され、この液体1a中において、光強度を減衰させた光の一部分は、光絞り手段4の透孔4aを通りレンズBを通り屈折して、少なくともその一部分が、光入力手段6の光入力面6aに集光される。図3の光強度制限器において、光強度密度を高め、大きな熱レンズ効果を引き出す為、レンズAの焦点7は、図3に示されているように、光散乱手段1の有極性分子液体中にあることが望ましい。

【0019】図4には、図3に示された光強度制限器を用い、有極性分子液体として、イソプロピルアルコールを用い、これに波長1.49  $\mu m$  の光を入射した場合、

光出力面と、有極性分子液体との間のレンズAによって、入射光の焦点7を有極性分子液体中において結ばせ大きな熱レンズ効果が発現するように調整したとき（曲線（1））、及び有極性分子液体をこえてその外側に焦点7を結ばせ光強度密度を下げて熱レンズ効果を弱くするように調整したとき（曲線（2））における、イソプロピルアルコールに入射する光、つまり光出力手段からの光の射出強度と、光路に沿って有極性分子液体から射出する光、つまり光入力手段への光の入射強度との関係が示されている。つまり曲線（1）の状態は高強度光の入射に対応し、イソプロピルアルコール中での散乱により、光入力手段への入射光強度が制限されている。一方曲線（2）においては、低強度光例えば信号光は、減衰することなく光入力手段に入力することができる。

【0020】また、図5には、図3に示された光制限器を用い、有極性分子液体としてトルエンを用い、これに波長1.46 $\mu$ m～1.49 $\mu$ mの光を入射した場合、光出力面と、有極性分子液体との間のレンズAにより、入射光の焦点7を有極性分子液体中において結ばせた場合（曲線（3））、及び有極性分子液体を透過してその外側に焦点7を結ばせた場合（曲線（4））における、トルエン入射光、つまり光出力手段から射出する光の強度と、光路に沿って有極性分子液体から射出する光、つまり光入力手段に入射する光の強度との関係を示したものである。いずれにおいても光強度が小さい時は、曲線（2）、（4）は、射出光強度を制限することなく入射光状態に対し、わずかに強度が減衰した光が入射される、実際の系では、信号光がこれに相当する。

【0021】図4及び5から明らかなように、レンズにより有極性分子液体中において、入射光の焦点を結ばせることにより光散乱手段での光強度密度が高められ、熱レンズ効果により異状散乱がおこり、高強度光が減衰するという利点がある。

【0022】本発明の一実施例として図6に記載の光強度制限器を構成した。光出力手段（シングルモード光ファイバ）5の光出力面5aから波長1558.5nmの光を出力させ、レンズAの焦点7を、有極性分子液体（トルエン）内において結ばせ、トルエンから射出した光をレンズBを通して、光入力手段（シングルモード光ファイバ）6の光入力面において集光した。このときの、光出力手段から出力され、レンズAを介してトルエンに入射された光のパワーと、トルエンから射出され、レンズBを介して光入力手段の光入力面に集光された光のパワーとの関係を図7の曲線（5）により示す。また同様の操作において、出力光として、波長1.46～1.49 $\mu$ mの光を用いた場合を曲線（6）に示す。いずれの場合も、光強度制限効果が認められた。特に波長1558.5nmのは、光ファイバ通信で利用されている波長域であり発明が光通信でも適用できることを示している。

【0023】本発明の他の実施例として、図6の光強度

制限器を用い、有極性分子液体としてトルエンを用いたトルエンに $\lambda=1558.5$ nmのレーザー光を主信号光（2.488Gbit/s）として入力し、その透過特性を調べた。トルエンに入射される光の光強度を、+6dBm、+16dBm、及び21.5dBmの3水準として、トルエンから射出される光（受光）の光強度とそのエラーレートとの関係を、測定した。その結果を図8に示す。図8から明らかなように、トルエンに入射される光の光強度が、21.5dBmの場合、つまり高強度光がトルエンに入射して熱レンズ効果による光強度を制限する効果が著しく発現された時に受光強度のエラーレート変動がやや大きくなるが、20dBm未満（通常の有極性分子液体への入射光の光強度）ではエラーレートに問題はないものと認められる。つまり光ファイバ通信に用いられる正常状態の信号光強度では本発明による光強度制限器により、信号状態は、何ら乱されないことを示している。

【0024】

【発明の効果】本発明の光強度制限方法及び制限器により、光をエネルギーキャリアとするシステムにおいて、異常高強度光を容易に、かつ精度よく、しかも波長及び偏波に依存することなく減衰させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光強度制限器の一例の構成を示す断面説明図。

【図2】本発明の光強度制限器の他の例の構成を示す断面説明図。

【図3】本発明の光強度制限器の更に他の例の構成を示す断面説明図。

【図4】本発明の図3に示された光強度制限器において、有極性分子液体としてイソプロピルアルコールを用いたときの入射光の光強度と、射出光の光強度との関係を示すグラフ。

【図5】本発明の図3に示された光強度制限器において、有極性分子液体としてトルエンを用いたときの入射光の光強度と、射出光の光強度との関係を示すグラフ。

【図6】本発明の光強度制限器のさらに他の一例の構成を示す断面説明図。

【図7】本発明の図6の光強度制限器において、有極性分子液体としてトルエンを用いたとき、トルエン入射光の光パワーと、射出光の光パワーとの関係を示すグラフ。

【図8】本発明の図6の光強度制限器において、有極性分子液体としてトルエンを用いたとき、トルエンから射出する光強度と、そのエラーレートとの関係を示すグラフ。

【符号の説明】

1…光散乱手段

1a…有極性分子液体

1b…容器

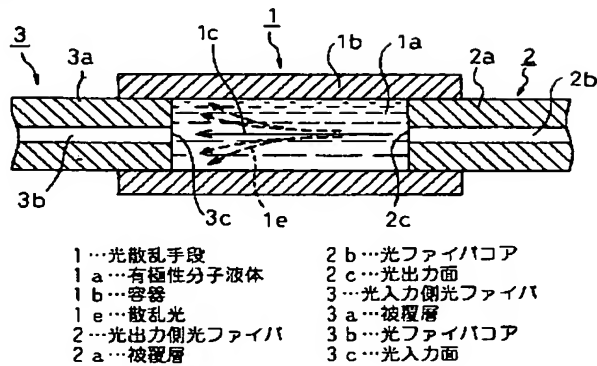
1d…透明容器

- 1 e … 散乱光  
 2 … 光出力側光ファイバ  
 2 a … 被覆層  
 2 b … 光ファイバコア  
 2 c … 光出力面  
 3 … 光入力側光ファイバ  
 3 a … 被覆層  
 3 b … 光ファイバコア  
 3 c … 光入力面

- 4 … 光絞り手段  
 4 a … 透孔  
 5 … 光出力手段  
 5 a … 光出力面  
 6 … 光入力手段  
 6 a … 光入力面  
 A, B … レンズ  
 7 … 焦点

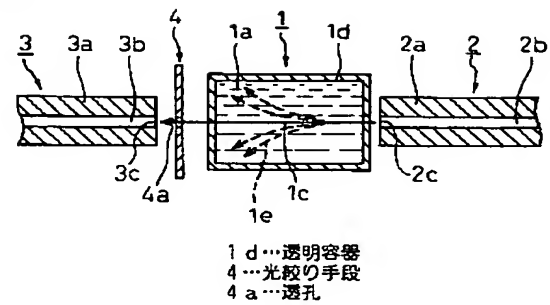
【図 1】

図 1



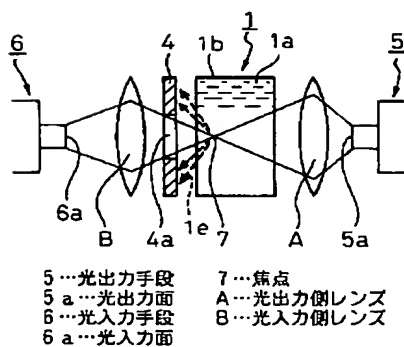
【図 2】

図 2



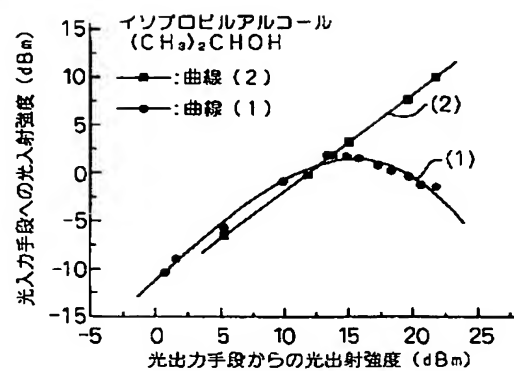
【図 3】

図 3



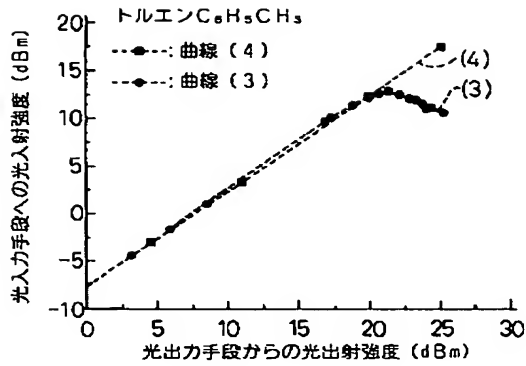
【図 4】

図 4



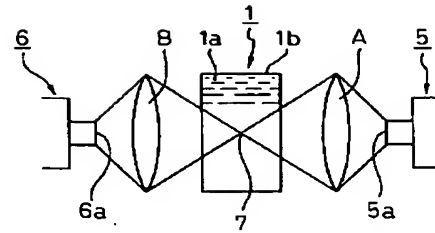
【図5】

図 5



【図6】

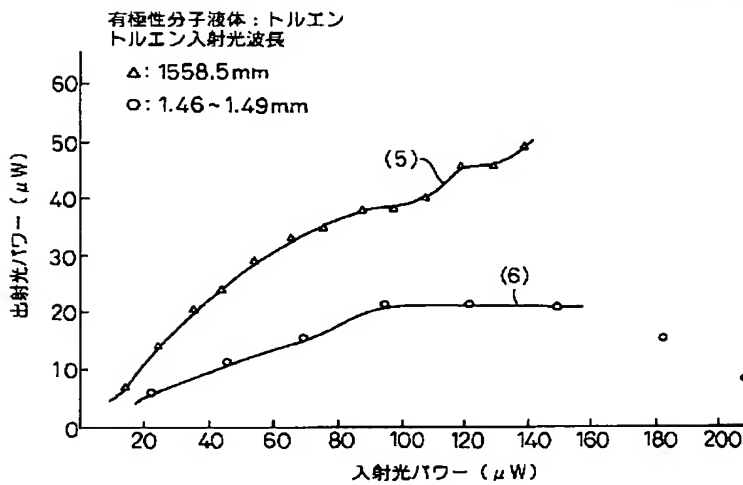
図 6



【図7】

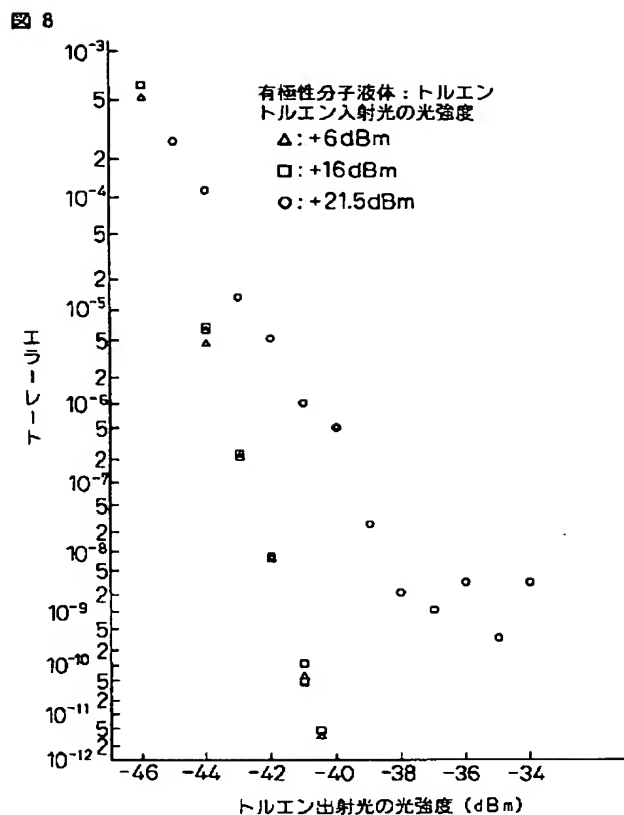
光アレスタ実験

図 7





【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 永田 裕俊  
千葉県船橋市豊富町585 住友大阪セメント株式会社新規技術研究所内

(72)発明者 緒方 孝昭  
東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社社内

(72)発明者 種田 泰久  
東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社社内